

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-125931

(43)Date of publication of application : 08.05.2002

(51)Int.Cl.

A61B 3/10

(21)Application number : 2000-321509

(71)Applicant : TOPCON CORP

(22)Date of filing : 20.10.2000

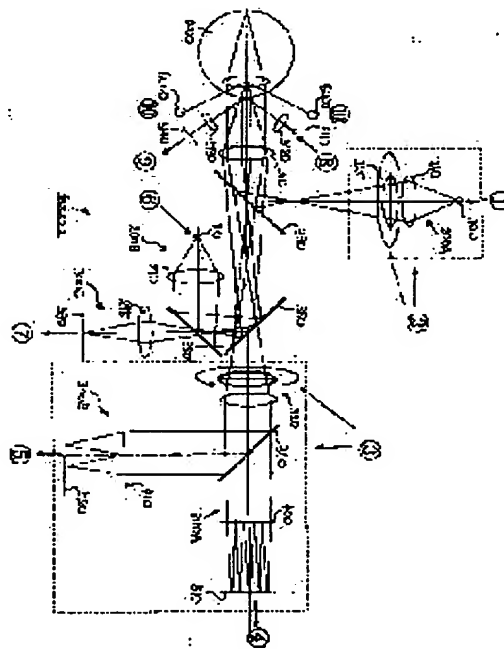
(72)Inventor : HIROHARA YOKO
MIHASHI TOSHIBUMI
FUKUMA YASUFUMI

(54) OCULAR CHARACTERISTIC MEASURING INSTRUMENT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an ocular characteristic measuring instrument capable of reducing time for measurement by performing rough measurement and precise measurement in particular concerning the instrument for precisely measuring the optical characteristic of an eye to be checked.

SOLUTION: The first illumination optical system illuminates a fine area on the retina of the eye to be checked with a luminous flux from the first light source part in a state where the condition of the illumination is variable. The first photodetective optical system guides a reflected luminous flux reflected and returned from the retina of the eye to be checked to the first photodetective part via the first conversion member for converting it to 17 beams. The second photodetective optical system guides the second luminous flux reflected and returned from the retina of the eye to be checked to the second photodetective part via the second conversion member for converting it to 4 beams. An arithmetic part obtains the optical characteristic of the eye to be checked, and an image-forming state changing part can change the image forming states of the first illumination optical system and the first photodetective optical system in accordance with the level of the second signal from the second photodetective part.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-125931

(P2002-125931A)

(43) 公開日 平成14年5月8日(2002.5.8)

(51) Int. Cl.⁷
A 6 1 B 3/10

識別記号

F I
A 6 1 B 3/10

テ-マ-ト (参考)

Z
R
W
M

審査請求 未請求 請求項の数13 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2000-321509 (P2000-321509)

(22) 出願日 平成12年10月20日(2000. 10. 20)

(71) 出願人 000220343

株式会社トプコン

東京都板橋区蓮沼町75番1号

(72) 発明者 広原 陽子

東京都板橋区蓮沼町75番1号 株式会社ト
プコン内

(72) 発明者 三橋 俊文

東京都板橋区蓮沼町75番1号 株式会社ト
プコン内

(72) 発明者 福岡 康文

東京都板橋区蓮沼町75番1号 株式会社ト
プコン内

(74) 代理人 100089867

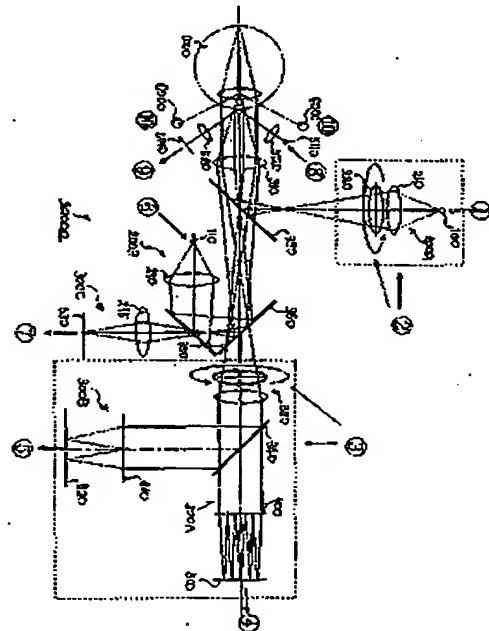
弁理士 和泉 雄一

(54) 【発明の名称】 眼特性測定装置

(57) 【要約】

【目的】 本発明は、被検眼の光学特性を精密に測定する装置に係わり、特に、粗測定と精密測定とを行い、測定時間を短縮することのできる眼特性測定装置を提供することを目的とする。

【構成】 本発明は、第1照明光学系が、第1の光源部からの光束で被検眼網膜上で微小な領域を、その照明条件を変化可能に照明し、第1受光光学系が、被検眼網膜から反射して戻ってくる反射光束を少なくとも17本のビームに変換するための第1変換部材を介して第1受光部に導き、第2受光光学系が、被検眼網膜から反射して戻ってくる第2光束を少なくとも4本のビームに変換するための第2変換部材を介して第2受光部に導き、演算部が、被検眼の光学特性を求め、結像状態変化部が、第2受光部からの第2信号のレベルに応じて、第1照明光学系及び第1受光光学系の結像状態を変化させることができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1波長の光束を発するための第1の光源部と、該第1の光源部からの光束で被検眼網膜上で微小な領域を、その照明条件を変化可能に照明するための第1照明光学系と、被検眼網膜から反射して戻ってくる反射光束を少なくとも17本のビームに変換するための第1変換部材を介して第1受光部に導くための第1受光光学系と、被検眼網膜から反射して戻ってくる反射光束を少なくとも4本のビームに変換するための第2変換部材を介して第2受光部に導くための第2受光光学系と、光束の傾き角に対応する第1受光部からの第1信号に基づき、被検眼の光学特性を求めるための演算部と、前記第2受光部からの第2信号のレベルに応じて、前記第1照明光学系及び前記第1受光光学系の結像状態を変化させるための結像状態変化部とから構成された眼特性測定装置。

【請求項2】 第1波長の光束を発するための第1の光源部と、該第1の光源部からの光束で被検眼網膜上で微小な領域を、その照明条件を変化可能に照明するための第1照明光学系と、被検眼網膜から反射して戻ってくる反射光束を少なくとも17本のビームに変換するための第1変換部材を介して第1受光部に導くための第1受光光学系と、被検眼網膜から反射して戻ってくる反射光束を少なくとも4本のビームに変換するための第2変換部材を介して第2受光部に導くための第2受光光学系と、第2受光部からの第2信号に基づき、被検眼の光学特性を求めるための演算部と、前記演算部により求められた光学特性に応じて、前記第1照明光学系及び前記第1受光光学系の結像状態を変化させるための結像状態変化部とから構成された眼特性測定装置。

【請求項3】 結像状態変化部は、前記第2受光部からの第2信号のレベル又は第2信号に基づく光学特性に応じて、前記第1照明光学系及び前記第1受光光学系の結像状態を変化させた後、前記第1受光部からの第1信号のレベル又は第1信号に基づく光学特性に応じて、前記第1照明光学系及び前記第1受光光学系の結像状態を変化させるようにした請求項1又は請求項2記載の眼特性測定装置。

【請求項4】 第1波長の光束を発するための第1の光源部と、該第1の光源部からの第1光束で被検眼網膜上で微小な領域を照明するための第1照明光学系と、被検眼網膜から反射して戻ってくる反射光束を少なくとも17本のビームに変換するための第1変換部材を介して第1受光部に導くための第1受光光学系と、被検眼網膜から反射して戻ってくる反射光束を少なくとも4本のビームに変換するための第2変換部材を介して第2受光部に導くための第2受光光学系と、光束の傾き角に対応する第1受光部からの第1信号に基づき、被検眼の光学特性を求めると共に、第2受光部からの第2信号に基づき、第1照明光学系の照明状態を検出するための演算部と、

第2受光部からの第2信号のレベルに応じて、前記第1照明光学系及び前記第1受光光学系の結像状態を変化させて第1変化状態とし、その後に、前記演算部により求められた光学特性に応じて、前記第1照明光学系及び前記第1受光光学系の結像状態を変化させて第2変化状態とするための結像状態変化部とから構成された眼特性測定装置。

【請求項5】 第1波長の光束を発するための第1の光源部と、該第1の光源部からの光束で被検眼網膜上で微小な領域を、その照明条件を変化可能に照明するための第1照明光学系と、被検眼網膜から反射して戻ってくる反射光束を少なくとも17本のビームに変換するための第1変換部材を介して第1受光部に導く第1状態（精密測定）と、第1変換部材の変換ビーム数よりも少ないビームに変換する第2変換部材を介して第1受光部に導く第2状態（粗測定）とを形成する第1受光光学系と、第2状態における第1受光部の出力からの第2信号に基づき、前記第1照明光学系及び前記第1受光光学系の結像状態を変化させるための結像状態変化部と、上記第1状態における第1受光部の出力からの第1信号に基づき、被検眼の光学特性を求める演算部とから構成された眼特性測定装置。

【請求項6】 第2変換部材に開口が設けられており、その開口は、第1変換部材の開口よりも大きなものとされていることを特徴とする請求項5記載の眼特性測定装置。

【請求項7】 第2変換部材に開口が設けられており、その開口の間隔は、第1変換部材に設けられた開口の間隔よりも大きなものとされていることを特徴とする請求項5又は6記載の眼特性測定装置。

【請求項8】 第2変換部材に複数のレンズが設けられており、第2変換部材のレンズにより形成される像位置と、第1変換部材に設けられた複数のレンズにより形成される像位置とが略一致するように、それぞれの焦点距離が設定されていることを特徴とする請求項5又は6記載の眼特性測定装置。

【請求項9】 第1波長の光束を発するための第1の光源部と、該第1の光源部からの光束で被検眼網膜上で微小な領域を、その照明条件を変化可能に照明するための第1照明光学系と、被検眼網膜から反射して戻ってくる反射光束を少なくとも17本のビームに変換する第1状態（精密測定）と、第1状態での変換ビーム数よりも少ないビームに変換する第2状態（粗測定）とを形成する第1受光光学系と、第2状態（粗測定）における第1受光部の出力からの第2信号に基づき、前記第1照明光学系及び前記第1受光光学系の結像状態を変化させるための結像状態変化部と、上記第1状態（精密測定）における第1受光部の出力からの第1信号に基づき、被検眼の光学特性を求める演算部とから構成された眼特性測定装置。

【請求項10】 上記第1状態は、被検眼網膜から反射して戻ってくる反射光束を少なくとも17本のビームに変換する第1変換部材により形成され、上記第2状態は、この第1変換部材の近傍に通過するビーム数を減らすマスクを挿入能脱可能に構成されていることを特徴とする請求項9記載の眼特性測定装置。

【請求項11】 上記第1受光光学系は、第1変換部材と第2変換部材とをその光路中に挿入能脱可能に構成されており、上記第1状態を、被検眼網膜から反射して戻ってくる反射光束を少なくとも17本のビームに変換する第1変換部材を光路に挿入することにより、上記第2状態を、この第1変換部材の近傍に通過するビーム数を減らす第2変換部材を光路中に挿入することにより形成することを特徴とする請求項9記載の眼特性測定装置。

【請求項12】 上記第1状態は、被検眼網膜から反射して戻ってくる反射光束を少なくとも17本のビームに変換する開口部を有する第1変換部材により形成され、上記第2状態は、この第1変換部材の近傍に、隣合わない開口部を通過させるマスクを挿入することにより形成するように構成されていることを特徴とする請求項9記載の眼特性測定装置。

【請求項13】 前記照明光学系で変化可能とする照明条件は、眼底へ照明する照明光束のフォーカス状態であり、前記結像状態変化部が変化させる結像状態とは、前記受光部に入射する受光光束の集光状態であることを特徴とする請求項1～12の何れか1項記載の眼特性測定装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、被検眼の光学特性を精密に測定する装置に係わり、特に、粗測定と精密測定とを行い、測定時間を短縮することのできる眼特性測定装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 眼の光学特性を測定する装置は、例えば、第1受光部の受光レベルで照明光学系のピント調整を行い、第1受光部の出力から求めた光学特性(S)に基づき受光光学系のピント調整を行う装置が存在している。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、従来の被検眼の光学特性を測定する装置は、測定時間が比較的長時間要するという問題点があった。

【0004】 本発明は、測定時間が比較的短い眼特性測定装置を提供することを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】 本発明は上記課題に鑑み案出されたもので、第1波長の光束を発するための第1の光源部と、該第1の光源部からの光束で被検眼網膜上で微小な領域を、その照明条件を変化可能に照明するた

めの第1照明光学系と、被検眼網膜から反射して戻ってくる反射光束を少なくとも17本のビームに変換するための第1変換部材を介して第1受光部に導くための第1受光光学系と、被検眼網膜から反射して戻ってくる反射光束を少なくとも4本のビームに変換するための第2変換部材を介して第2受光部に導くための第2受光光学系と、光束の傾き角に対応する第1受光部からの第1信号に基づき、被検眼の光学特性を求めるための演算部と、前記第2受光部からの第2信号のレベルに応じて、前記第1照明光学系及び前記第1受光光学系の結像状態を変化させるための結像状態変化部とから構成されている。

【0006】 また本発明は、第2受光部からの第2信号に基づき、被検眼の光学特性を求めるための演算部と、前記演算部により求められた光学特性に応じて、前記第1照明光学系及び前記第1受光光学系の結像状態を変化させるための結像状態変化部とを備えている。

【0007】 そして本発明の結像状態変化部は、前記第2受光部からの第2信号のレベル又は第2信号に基づく光学特性に応じて、前記第1照明光学系及び前記第1受光光学系の結像状態を変化させた後、前記第1受光部からの第1信号のレベル又は第1信号に基づく光学特性に応じて、前記第1照明光学系及び前記第1受光光学系の結像状態を変化させる様に構成することもできる。

【0008】 更に本発明は、光束の傾き角に対応する第1受光部からの第1信号に基づき、被検眼の光学特性を求めると共に、第2受光部からの第2信号に基づき、第1照明光学系の照明状態を検出するための演算部と、第2受光部からの第2信号のレベルに応じて、前記第1照明光学系及び前記第1受光光学系の結像状態を変化させて第1変化状態とし、その後、前記演算部により求められた光学特性に応じて、前記第1照明光学系及び前記第1受光光学系の結像状態を変化させて第2変化状態とするための結像状態変化部とから構成されている。

【0009】 そして本発明は、被検眼網膜から反射して戻ってくる反射光束を少なくとも17本のビームに変換するための第1変換部材を介して第1受光部に導く第1状態（精密測定）と、第1変換部材の変換ビーム数よりも少ないビームに変換する第2変換部材を介して第1受光部に導く第2状態（粗測定）とを形成する第1受光光学系と、第2状態における第1受光部の出力からの第2信号に基づき、前記第1照明光学系及び前記第1受光光学系の結像状態を変化させるための結像状態変化部と、上記第1状態における第1受光部の出力からの第1信号に基づき、被検眼の光学特性を求める演算部とから構成されている。

【0010】 また本発明は、第2変換部材に開口が設けられており、その開口は、第1変換部材の開口よりも大きなものとする構成にすることができる。

【0011】 更に本発明は、第2変換部材に開口が設けられており、その開口の間隔は、第1変換部材に設けら

10

20

30

40

50

れた開口の間隔よりも大きなものとする構成にすることもできる。

【0012】そして本発明は、第2変換部材に複数のレンズが設けられており、第2変換部材のレンズにより形成される像位置と、第2変換部材に設けられた複数のレンズにより形成される像位置とが略一致するように、それぞれの焦点距離が設定されていることを特徴としている。

【0013】また本発明は、被検眼網膜から反射して戻ってくる反射光束を少なくとも17本のビームに変換する第1状態（精密測定）と、第1状態での変換ビーム数より少ないビームに変換する第2状態（粗測定）とを形成する構成にすることもできる。

【0014】更に本発明の第1状態は、被検眼網膜から反射して戻ってくる反射光束を少なくとも17本のビームに変換する第1変換部材により形成され、上記第2状態は、この第1変換部材の近傍に通過するビーム数を減らすマスクを挿入離脱可能に構成することもできる。

【0015】また本発明の第1受光光学系は、第1変換部材と第2変換部材とをその光路中に挿入離脱可能に構成されており、上記第1状態を、被検眼網膜から反射して戻ってくる反射光束を少なくとも17本のビームに変換する第1変換部材を光路に挿入することにより、上記第2状態を、この第1変換部材の近傍に通過するビーム数を減らす第2変換部材を光路中に挿入する構成にすることもできる。

【0016】そして本発明の第1状態は、被検眼網膜から反射して戻ってくる反射光束を少なくとも17本のビームに変換する開口部を有する第1変換部材により形成され、上記第2状態は、この第1変換部材の近傍に、隣接しない開口部を通過させるマスクを挿入する構成にすることもできる。

【0017】また本発明の照明光学系で変化可能とする照明条件は、眼底へ照明する照明光束のフォーカス状態であり、前記結像状態変化部が変化させる結像状態とは、前記受光部に入射する受光光束の収光状態である構成にすることもできる。

【0018】

【発明の実施の形態】以上の様に構成された本発明は、第1の光源部が第1波長の光束を発生し、第1照明光学系が、第1の光源部からの光束で被検眼網膜上で微小な領域を、その照明条件を変化可能に照明し、第1受光光学系が、被検眼網膜から反射して戻ってくる反射光束を少なくとも17本のビームに変換するための第1変換部材を介して第1受光部に導き、第2受光光学系が、被検眼網膜から反射して戻ってくる反射光束を少なくとも4本のビームに変換するための第2変換部材を介して第2受光部に導き、演算部が、光束の傾き角に対応する第1受光部からの第1信号に基づき、被検眼の光学特性を求め、結像状態変化部が、第2受光部からの第2信号のレ

ベルに応じて、第1照明光学系及び第1受光光学系の結像状態を変化させることができる。

【0019】また本発明は、演算部が、第2受光部からの第2信号に基づき、被検眼の光学特性を求め、結像状態変化部が、演算部により求められた光学特性に応じて、第1照明光学系及び第1受光光学系の結像状態を変化させることができる。

【0020】そして本発明の結像状態変化部は、第2受光部からの第2信号のレベル又は第2信号に基づく光学特性に応じて、第1照明光学系及び第1受光光学系の結像状態を変化させた後、第1受光部からの第1信号のレベル又は第1信号に基づく光学特性に応じて、第1照明光学系及び第1受光光学系の結像状態を変化させる様になっている。

【0021】更に本発明は、演算部が、光束の傾き角に対応する第1受光部からの第1信号に基づき、被検眼の光学特性を求めると共に、第2受光部からの第2信号に基づき、第1照明光学系の照明状態を検出し、結像状態変化部が、第2受光部からの第2信号のレベルに応じて、第1照明光学系及び第1受光光学系の結像状態を変化させて第1変化状態とし、その後に、演算部により求められた光学特性に応じて、第1照明光学系及び第1受光光学系の結像状態を変化させて第2変化状態とすることができる。

【0022】そして本発明は、第1受光光学系が、被検眼網膜から反射して戻ってくる反射光束を少なくとも17本のビームに変換するための第1変換部材を介して第1受光部に導く第1状態（精密測定）と、第1変換部材の変換ビーム数より少ないビームに変換する第2変換部材を介して第1受光部に導く第2状態（粗測定）とを形成し、結像状態変化部が、第2状態における第1受光部の出力からの第2信号に基づき、第1照明光学系及び第1受光光学系の結像状態を変化させ、演算部が、第1状態における第1受光部の出力からの第1信号に基づき、被検眼の光学特性を求めることができる。

【0023】また本発明は、第2変換部材に開口を設け、その開口は、第1変換部材の開口よりも大きなものとすることもできる。

【0024】更に本発明は、第2変換部材に開口を設け、その開口の間隔は、第1変換部材に設けられた開口の間隔よりも大きなものとすることもできる。

【0025】そして本発明は、第2変換部材に複数のレンズが設け、第2変換部材のレンズにより形成される像位置と、第2変換部材に設けられた複数のレンズにより形成される像位置とが略一致するように、それぞれの焦点距離が設定されている。

【0026】また本発明は、被検眼網膜から反射して戻ってくる反射光束を少なくとも17本のビームに変換する第1状態（精密測定）と、第1状態での変換ビーム数より少ないビームに変換する第2状態（粗測定）とす

ることもできる。

【0027】更に本発明の第1状態は、第1変換部材が、被検眼網膜から反射して戻ってくる反射光束を少なくとも17本のビームに変換して形成し、第2状態は、マスクが、第1変換部材の近傍に通過するビーム数を減らすことにより形成することもできる。

【0028】また本発明の第1受光光学系は、第1変換部材と第2変換部材とをその光路中に挿入離脱可能とし、第1状態を、光路に挿入された第1変換部材が、被検眼網膜から反射して戻ってくる反射光束を少なくとも17本のビームに変換することにより形成し、第2状態を、光路中に挿入された第2変換部材が、第1変換部材の近傍に通過するビーム数を減らすことにより形成することができる。

【0029】そして本発明の第1状態は、開口部を有する第1変換部材が、被検眼網膜から反射して戻ってくる光束の一部を、反射光束を少なくとも17本のビームに変換することにより形成され、上記第2状態は、第1変換部材の近傍に、隣接しない開口部を通過させるマスクにより形成することもできる。

【0030】また本発明の照明光学系で変化可能とする照明条件は、眼底へ照明する照明光束のフォーカス状態であり、前記結像状態変化部が変化させる結像状態とは、前記受光部に入射する受光光束の集光状態にすることもできる。

【0031】

【実施例】

【0032】以下、本発明の実施例を図面により説明する。

【0033】〔第1実施例〕

【0034】次に本発明の第1実施例である眼特性測定装置40000は、図1と図2に示す様に、第1波長の光束を発するのための第1の光源部100と、第1の光源部100からの第1光束が被検眼網膜上で微小な領域を照明するための第1照明光学系200Aと、被検眼網膜から反射して戻ってくる光束の一部を、該反射光束を少なくとも17本のビームに変換するための第1変換部材400を介して第1受光部510に導くための第1受光光学系300Aと、被検眼網膜から反射されて戻り、更に、第2のビームスプリッタ340で反射された第2光束の一部を少なくとも4本のビームに変換するための第2変換部材410を介して第2受光部520に導くための第2受光光学系300Bと、第2波長の光束を発するための前眼部照明の光源部110と、前眼部照明の光源部110からの前眼部照明光束が被検眼前眼部上に所定の領域を照明するための前眼部照明光学系200Bと、被検眼前眼部から反射して戻ってくる光束を前眼部光束受光部530に導くための第3受光光学系300Cと、光束の傾き角に対応する第1受光部510からの第1信号に基づき、被検眼の光学特性を求めると共に、第2受光

部520からの第2信号に基づき、第1照明光学系200Aの照明状態を検出するための演算部600と、第2受光部520からの第2信号のレベルに応じて、第1照明光学系200A及び第1受光光学系300Aの結像状態を変化させて第1変化状態とし、その後、演算部600により求められた光学特性に応じて、第1照明光学系200A及び第1受光光学系300Aの結像状態を変化させて第2変化状態とするための結像状態変化部とから構成されている。

10 【0035】そして演算部600が、制御部610を含む全体の制御を司っている。また、制御部610は、第1の光源部100等を制御駆動する様に構成されている。更に、演算部600が、光束の傾き角に対応する第1受光部510からの第1信号に基づき、被検眼の光学特性を求める様になっている。

【0036】第1の光源部100は、空間コヒーレンスが高く、時間コヒーレンスは高くないものが望ましい。本第1実施例の第1の光源部100には、SLDが採用されており、輝度が高い点光源を得ることができる。

20 【0037】また、本第1実施例の第1の光源部100は、SLDに限られるものではなく、レーザーの様に空間、時間ともコヒーレンスが高いものでも、回転拡散板などを挿入することにより、適度に時間コヒーレンスを下げることで利用できる。

【0038】そして、SLDの様に、空間、時間ともコヒーレンスが高くないものでも、光量さえ充分であれば、ピンホール等を光路の光源の位置に挿入することで、使用可能になる。

30 【0039】本第1実施例の照明用の第1の光源部100の波長は、赤外域の波長、例えば780nmを使用することができる。

【0040】結像状態変化部が、第2受光部520からの第2信号のレベルに応じて、第1照明光学系200A及び第1受光光学系300Aの結像状態を変化させる様に構成されている。

40 【0041】第1受光光学系300Aは、被検眼網膜から反射して戻ってくる光束を受光し第1受光部510に導くためのものである。第1受光光学系300Aは、第1のアフォーカルレンズ310と、第2のシリンダーレンズ320aと、第2のリレンズ320bと、第1のビームスプリッタ330と、第5のビームスプリッタ360と、第2のビームスプリッタ340と、反射光束を少なくとも17本のビームに変換するための第1の変換部材400とから構成されている。

【0042】また、第1受光光学系300Aには、第1のビームスプリッタ330が挿入されており、第1照明光学系200Aからの光を被検眼1000に送光し、反射光を透過させる様に構成されている。

50 【0043】第1受光部510は、変換部材400を通過した第1の受光光学系300Aからの光を受光し、第

1 信号を生成するためのものである。

【0044】第2の受光光学系300Bは、第1のアフォーカルレンズ310と、第2のシリンダーレンズ320aと、第2リレーレンズ320bと、第1のビームスプリッタ330と、第5のビームスプリッタ360と、第2のビームスプリッタ340と、第2光束を少なくとも4本のビームに変換するための第2変換部材410とから構成されている。第2のシリンダーレンズ320と変換部材400の間に形成された第2のビームスプリッタ340で反射された光は、第2変換部材410を介して第2受光部520に導く様に構成されている。第2受光部520は、第2信号を生成する。

【0045】第1照明光学系200Aは、第1の光源部100からの光束で被検眼前部上で微小な領域を照明するためのものである。第1照明光学系200Aは、第1の集光レンズ210と、第1のシリンダーレンズ220a、リレーレンズ200bとから構成されている。

【0046】第2照明光学系200Bは、第2の光源部110からの第2光束で被検眼前部上に所定の領域を照明するためのものである。第2照明光学系200Bは、第2の光源部110と、第5の集光レンズ290と、第4のビームスプリッタ350と、第5のビームスプリッタ360と、第1のビームスプリッタ330と、第1のアフォーカルレンズ310とから構成されている。

【0047】そして、眼を照明するための照明光源6000、6000が設けられている。

【0048】第2光源110で照明された被検眼前部からの反射光束を用いて、対象物である被検眼と装置との光軸と直交方向の位置関係を調整するためのアライメント光学系のアライメント調整を説明する。

【0049】第2光源110からの光束を第5の集光レンズ290、第4のビームスプリッタ350、第5のビームスプリッタ360、対物レンズ310を介して被検眼を略平行な光束で照明する。被検眼角膜で反射した反射光束は、あたかも角膜曲率半径の1/2の点から射出した様な発散光束で射出される。この発散光束は、対物レンズ310、第5のビームスプリッタ360、第4のビームスプリッタ350、及び第5の集光レンズ290を介して前眼部光束受光部530でスポット像として受光される。

【0050】前眼部光束受光部530上でスポット像が、光軸上から外れている場合には、これが光軸上にくる様に装置全体を上下左右に移動調整する。前眼部光束受光部530上でスポット像が光軸上に一致した時に、アライメント調整が完了する。

【0051】第2光源110の波長は、第1光源100の波長と異なり、これよりも長い波長、例えば、940nmが選択できる。第2のビームスプリッタ340が第1光源100の波長を透過し、第2光源110の波長を

反射するダイクロイックミラーで形成することにより、互いの光束が、もう一方の光学系に入りノイズとなることが防止することができる。

【0052】スポット像が光軸上にくればアライメントは完了する。

【0053】また、照明光源6000、6000により被検眼前部を照明することにより、被検眼像が上記前眼部光束受光部530上に形成されるので、この前眼部像を利用して瞳中心が光軸と一致する様にアライメント調整を行うこともできる。

【0054】Zアライメント光学系5100は、第4の光源5110と、コリメータレンズ5120と、集光レンズ5130と、第4受光部5140とから構成されている。

【0055】作動距離調整は、第4の光源5110から射出された光軸付近の平行な光束を対象物に向けて射出し、被検眼から反射された光を集光レンズを介して第4受光部5140により受光することにより行われる。第4受光部5140は、第4の光源5110と光軸と第4受光部5140を含む面内の光束位置の変化を検出できるものであれば足り、例えば、その面内に配置した1次元CCDやポジションセンシングデバイス(PSD)により構成することができる。

【0056】被検眼が適正作動距離にある場合には、第4受光部5140の光軸上に光源5110からのスポット像が形成され、適正作動距離から前後に外れた時には、それぞれ光軸より上又は下にスポット像が形成されることになる。

【0057】第1光源部100と眼底が共役となっており、眼底と第1受光部510、第2受光部520とが共役となっている。更に、第1変換部材400、第2変換部材410と、瞳孔とも共役となっている。

【0058】第1のアフォーカルレンズ310の前側焦点は、被検査対象物である被検眼前部と略一致している。

【0059】そして、第1照明光学系200Aと第1受光光学系300Aとは、第1の光源部100からの光束が集光する点で反射されたとして、その反射光による第1受光部510での信号ピークが最大となる関係を維持して、連動して移動し、第1受光部510での信号ピークが強くなる方向に移動し、強度が最大となる位置で停止する様に構成されている。この結果、第1の光源部100からの光束が、被検眼上で集光することとなる。

【0060】次に、変換部材400について説明する。

【0061】第1受光光学系300Aに配置された変換部材400は、反射光束を複数のビームに変換する波面変換部材である。本第1実施例の変換部材400には、光軸と直交する面内に配置された複数のマイクロフレネルレンズが採用されている。

【0062】ここでマイクロフレネルレンズについて詳

細に説明する。

【0063】マイクロフレネルレンズは波長ごとの高さピッチの輪帯をもち、集光点と平行な出射に最適化されたブレースを持つ光学素子である。ここで利用することのできるマイクロフレネルレンズは、例えば、半導体微細加工技術を応用した8レベルの光路長差をつけたもので、98%の集光効率を実現できる。

【0064】眼底からの反射光は、第1のアフォーカルレンズ310及び第2のシリンダーレンズ320を通過し、変換部材400を介して、第1受光部510上に集光する。

【0065】また変換部材400は、少なくとも17個の領域に分けられた各領域において、収束作用を行うマイクロレンズ部と透過作用を行う開口部分で構成することも可能である。

【0066】本第1実施例の変換部材400は、反射光束を少なくとも17以上のビームに変換する波面変換部材から構成されている。

【0067】次に第1受光部510は、変換部材400で変換された複数のビームを受光するためのものであり、本第1実施例では、リードアウトノイズの少ないCCDが採用されている。CCDは、他に低ノイズタイプの一般的なものから測定用の2000*2000素子の冷却CCD等、何れのタイプのものが使用できる。

【0068】低ノイズタイプのCCDとそのドライバからの画像信号出力は、対応した画像入力ボードを使用することで簡単に実現することができる。

【0069】ここで、眼特性測定装置40000の電気的な構成を図2に基づいて説明する。眼特性測定装置10000の電気的な構成は、演算部600と、制御部610と、表示部700と、メモリ800と、第1の駆動部910と、第2の駆動部920とから構成されている。

【0070】制御部610は、演算部600からの制御信号に基づいて、第1の光源部100の点灯、消灯を制御したり、第1の駆動部910と第2の駆動部920とを制御するためのものである。

【0071】第1の駆動部910は、演算部600に入力された第1受光部510からの信号に基づいて、第1照明光学系200Aの全体を光軸方向に移動させ、又は第1照明光学系200Aの第1のシリンダーレンズ220aを回動させるためのものである。第1の駆動部910は、適宜のレンズ移動手段を駆動させて、第1照明光学系200Aの移動、調節が行われる様に構成されている。

【0072】第2の駆動部920は、演算部600に入力された第1受光部510からの信号に基づいて、第1受光光学系300Aの全体を光軸方向に移動させ、又は第1受光光学系300Aの第2のシリンダーレンズ320aを回動させるためのものである。第2の駆動部920

0は、適宜のレンズ移動手段を駆動させて、第1受光光学系300Aの移動、調節が行われる様に構成されている。

【0073】なお、演算部600には、第1受光部510からの第1信号と、第2受光部520からの第2信号と、1次元線像素子5140、第3の受光素子530とから入力される様に構成されており、演算部600は、第2受光部520からの第2信号に基づき、被検眼の光学特性を求め、結像状態変化部を制御して、第1照明光学系200A及び第1受光光学系300Aの結像状態を変化させる様に構成されている。更に演算部600は、第2の光源部110、第4の光源5110、照明光源600、6000に対して出力される様に構成されている。

【0074】次に、眼特性測定装置40000の具体的な測定方法を図3に基づいて説明する。ステップ1（以下、S1と略する）で、測定を開始する。次にS2で、被検眼の位置のアライメント調整を行う。そしてS3では、制御部610が、演算部600からの制御信号に基づいて、第1の駆動部910と第2の駆動部920とを制御して、可動部を原点位置に移動させる。即ち、第1の駆動部910が、適宜のレンズ移動手段を駆動し、第1照明光学系200Aを原点位置に移動させる。また第2の駆動部920が、適宜のレンズ移動手段を駆動し、受光光学系300Aを原点位置に移動させる。

【0075】次に、S4では、測定準備Aを実行する。

【0076】測定準備Aは、図4に示す様に、第2受光部520を使用するものである。

【0077】ここで、図4に基づいて、測定準備Aを詳細に説明する。

【0078】まずS1で、測定準備Aを開始する。次にS2では、第2受光部520によりスポット像レベルL₀を検出する。そしてS3では、スポット像レベルL₀が、予め設定されたレベルL₀を越えているか否かを演算部600により判断する。S3で演算部600が、スポット像レベルL₀が、予め設定されたレベルL₀を越えていると判断した場合には、S4に進み、測定準備を完了する。

【0079】なおS3で、スポット像レベルL₀が、予め設定されたレベルL₀を越えていないと判断した場合には、S5に進み、結像状態変化部を制御して照明条件、受光条件を補正する。即ち、演算部600が、第1の駆動部910を制御し、第1照明光学系200Aを移動させて照明条件を変化させて補正する。また演算部600が、第2の駆動部920を制御し、受光光学系300Aを移動させて受光条件を変化させて補正する。

【0080】そしてS5で、照明条件、受光条件を補正した後、S2に戻る様になっている。

【0081】ここで、再び、図3に戻って説明する。

【0082】S4で測定準備Aが完了した後、S41の

予備測定(B-3)を実行する。

【0083】ここで、図5に基づいて、予備測定(B-3)を詳細に説明する。

【0084】本実施例では、粗測定(第2状態)を第2変換部材410を使用した第2受光光学系300Bで行い、精密測定(第1状態)を第1変換部材400を使用した第1受光光学系300Aで行うものである。この結果、測定時間を短縮できる。

【0085】本実施例の第1変換部材400は、反射光束を少なくとも17本のビームに変換するものであり、第2変換部材410は、第2光束を少なくとも4本のビームに変換するためのものである。

【0086】従って図6に示す様に、球面度数をDとすれば、

【0087】 $D = (1/F) * (1/M)$

【0088】ここでMは、眼の瞳、第2変換部材410間の倍率

【0089】ここで、 $dx = (L-h)/2$

【0090】であるから、 $F = (L/2) / (dx * f)$

【0091】となり、球面度数をDを求めることができる。

【0092】なおhは、図7に示す様に、 P_1 、 P_2 、 P_3 、 P_4 をそれぞれ重心位置とすれば、距離は以下の様に表される。

【0093】 $|P_2 P_4| = ((P_{2x} - P_{4x})^2 + (P_{2y} - P_{4y})^2)^{0.5}$

$|P_1 P_3| = ((P_{1x} - P_{3x})^2 + (P_{1y} - P_{3y})^2)^{0.5}$

【0094】従って、 $h = (|P_2 P_4| + |P_1 P_3|) / 2$

【0095】となる。

【0096】予備測定(B-3)では、図5に示す様に、S1で測定を開始し、S2では、第2受光部520によりスポット像を検出する。そしてS3で、上述の計測を行う。

【0097】S4では、S3の計測により、各開口の重心位置を正しく計測されたか否かを判断し、正しくない場合にはS5に進み、他のディオプターDに移動させ、S3に戻る。

【0098】S4で、正しく計測されたと判断された場合には、S6に進み、S6では、計測されたディオプターD分、可動部分を移動させる。そしてS7で再び計測を行い、S8に進む。S8では、この位置において計測されたディオプターDが小さいか否かを判断し、小さく*

*ない場合には、S9に進み、小量のディオプターD分、測定されたディオプターDと同じ符号方向に移動させ、S7に戻る様になっている。

【0099】S8で、計測されたディオプターDが小さいと判断された場合には、S10に進み、予備測定(B-3)を終了する。

【0100】ここで、再び、図3に戻って説明する。

【0101】S41の予備測定(B-3)を実行した後、S5に進み、第1受光部510によりスポット像を検出する。次にS6で重心位置を検出する。この重心位置は、例えば、投影される光束が受光面において複数の回素上に投影される様にし、各回素の光束の強度を参考にして重心位置を求めることもできる。この様に重心の計算をすることにより、素子の1/10以下の測定位置精度を確保することができる。

【0102】次にS7で、正視の重心位置からのずれ量を算出する。

【0103】S8では、後述の第1式乃至第6式に基づいて、ゼルニケ係数の算出を行う。

20 【0104】そしてS9では、演算された光学特性、例えば、球面度数、乱視度数、乱視軸角度及びそれ以外の高次収差成分(S、C、Ax、SA、Coma、...)等を表示部700に表示する。

【0105】そしてS10で測定を終了するか否かを判断し、終了する場合には、S11に進み測定を終了する。またS10で測定を終了しない場合には、S2に戻る様に構成されている。

【0106】なお測定準備Aは、省略することもできる。

【0107】次に、第1シリンダーレンズ220及び第2のシリンダーレンズ320の詳細な構成及びそれによる駆動方法を以下に説明する。これらのシリンダーレンズは、それぞれ、2つ1組のシリンダーレンズで構成される。

【0108】その円柱度数をそれぞれD、-Dとする。ここでxy座標上のシリンダーを考える。円柱度数Dと-Dのシリンダーの軸がx軸となす角をそれぞれ ϕ_+ 、 ϕ_- とする。この時、角度 θ における非点収差は、それぞれ

40 【0109】 $D \cos 2(\theta - \phi_+)$
 $-D \cos 2(\theta - \phi_-)$

【0110】となる。

【0111】これらの合成非点収差 $A_s(\theta)$ は、足し合わせればよいので、

【0112】

$$\begin{aligned} A_s(\theta) &= D \cos 2(\theta - \phi_+) + D \cos 2(\theta - \phi_-) \\ &= D((\cos 2(\theta - \phi_+) + \cos 2(\theta - \phi_-))) \\ &= D(-2 \sin(2(2\theta - \phi_+ - \phi_-)/2)) \sin(2(-\phi_+ + \phi_-)/2)) \\ &= -2D(\sin(2\theta - \phi_+ - \phi_-) \sin(-\phi_+ + \phi_-)) \end{aligned}$$

【0113】合成円柱度数は、合成非点収差の最大値となる。このとき、

$$【0114】\sin(2\theta - \phi, -\phi) = 1$$

【0115】よって、 $\theta = ((\phi, -\phi) / 2) + 45$ 度

【0116】(θ : 円柱度数の軸の向きとなる)

【0117】の時に、

$$【0118】A_s(\theta) = 2D \sin \alpha$$

($\alpha = \phi, -\phi$ (交差角 (開き角))) の最大値をとり、円柱度数Cが形成される。

【0119】なお、第1の駆動部910と第2の駆動部920と適宜のレンズ移動手段とは、第1照明光学系200及び第1受光光学系300の結像状態を変化させるための結像状態変化部に該当するものである。

【0120】〔第2実施例〕

【0121】次に図8と図9に基づいて、第2実施例である眼特性測定装置50000を説明する。第2実施例は、第2受光光学系300Bを使用せず、第1受光光学系300Aの中の第1交換部材400を第2交換部材410に交換可能に構成し、粗測定を第2交換部材410で行い、精密測定を第1交換部材400で行うものである。

【0122】本第2実施例では、図1で示す第1実施例から第2受光光学系300Bを省略し、第1交換部材400を第2交換部材410に交換するための交換手段7000が設けられている。図9に示す様に、第3駆動部930が交換手段7000を駆動させる様になっている。

【0123】交換手段7000は、例えば、駆動源にステップモータを使用し、ネジ機構により、第1交換部材400を第2交換部材410に、或いは、第2交換部材410を第1交換部材400に交換することができる。

【0124】また本実施例の第2交換部材410は、4個のレンズ部411、411・・・が形成されており、図6に示す様に、第2交換部材410により形成される像位置と、第2交換部材410のレンズ部411、411・・・により形成される像位置とが略一致する様に、それぞれの焦点距離が設定されている。

【0125】次に、眼特性測定装置50000の具体的な測定方法を図10に基づいて説明する。ステップ1 (以下、S1と略する) で、測定を開始する。次にS11では、交換手段7000が第2交換部材410を設置させる。(粗測定用レンズ設置)

【0126】次にS2で、被検眼の位置のアライメント調整を行う。そしてS3では、制御部610が、演算部600からの制御信号に基づいて、第1の駆動部910と第2の駆動部920とを制御して、可動部を原点位置に移動させる。次に、S4では、測定準備Aを実行する。更にS41では、予備測定(B-3)を実行する。

【0127】次にS42では、交換手段7000が、第

1交換部材400を設置させる。(ハルトマン板設置)そしてS5に進むが、S5からS11までは、図3と同様であるから説明を省略する。

【0128】これにより、第1実施例と同様な測定を行うことができる。なお、その他の構成、作用等は、第1実施例と同様であるから説明を省略する。

【0129】なお、第2交換部材に開口が設けられており、その開口は、第1交換部材の開口よりも大きなものとすることもできる。第2交換部材に開口は、その開口の間隔は、第1交換部材に設けられた開口の間隔よりも大きなものとすることもできる。

【0130】また第2状態(粗測定)は、第1状態(精密測定)での交換ビーム数よりも少ないビームに変換するものであればよい。

【0131】更に、第2状態(粗測定)は、この第1交換部材400の近傍に通過するビーム数を減らすマスクを挿入する構成にすることもできる。更に、第2状態(粗測定)は、この第1交換部材400の近傍に、隣接しない開口部を通過させるマスクを挿入する構成にすることもできる。

【0132】〔第1実施例の測定方法の第1変形例〕

【0133】第1実施例では、結像状態変化部が、第2受光部520からの第2信号レベル及び第2受光部520からの信号に基づき求められた被検眼の光学特性に応じて、第1照明光学系200A及び第1受光光学系300Aの結像状態を変化させるものである。これに対して、本第1実施例の第1変形例は、結像状態変化部が、第2受光部520からの第2信号のレベルに応じて、第1照明光学系200A及び第1受光光学系300Aの結像状態を変化させて第2状態とするように構成されている。

【0134】即ち、第2信号の信号レベルが最大となるように第1照明光学系200A及び第1受光光学系300Aの結像状態を変化させるものである。

【0135】〔第1実施例の測定方法の第2変形例〕

【0136】第1実施例では、結像状態変化部が、第2受光部520からの第2信号レベル及び第2受光部520からの信号に基づき求められた被検眼の光学特性に応じて、第1照明光学系200A及び第1受光光学系300Aの結像状態を変化させるものである。これに対して、本第1実施例の第2変形例は、結像状態変化部が、第2受光部520からの第2信号のレベルに応じて、第1照明光学系200A及び第1受光光学系300Aの結像状態を変化させて第1状態とし、その後、第1受光部の受光信号に応じて、第1照明光学系200A及び第1受光光学系300Aの結像状態を変化させて第2状態とするように構成されている。

【0137】即ち、第1状態では、第2信号の信号レベルが最大となるように第1照明光学系200A及び第1受光光学系300Aの結像状態を変化させるものであ

る。また、第2状態では、第1受光部の受光信号のレベル又は受光スポット信号の位置に応じて、第1照明光学系200A及び第1受光光学系300Aの結像状態を変化させるものである。具体的には、第1状態で球面成分の概略補正を、第2状態で球面成分の精密補正と、球面以外の乱視成分、乱視軸角度の補正を行うように構成される。

【0138】円錐角膜の様に、局部的に異常のある被検眼の場合に、第2受光部の受光信号では、適切な調整が行えず、第1受光部の出力信号の様に、数多くの受光スポット信号があると、その中から適当なものを選択し、適切な調整を行うことが可能となる。

【0139】なお、本明細書中において、第1信号に於てあるのは、被測定眼での照明光のビント状態に相当するような第1信号のレベルの大小や、被測定眼からの反射光束の波面形状に相当するような第1信号中の受光ビームに相当するパルスの間隔、受光面上での受光ビームの密度又は位置などに応じることを含むものである。また、同様に第2信号に於てあるのは、被測定眼での照明光のビント状態に相当するような第2信号のレベルの大小と、被測定眼からの反射光束の波面形状に相当するような第2信号中の受光ビームに相当するパルスの間隔、受光面上での受光ビームの密度又は位置などに応じることを含むものである。

【0140】ここで、第1受光部510で得られた光束の傾き角に基づいて被検眼1000の光学特性を求めるための演算部600の動作原理について詳細に説明する。

【0141】本発明によって測定されるものは、眼の波面収差である。

【0142】図11に示す様に交換部材400の座標を*

$$Z_{nm} = R_n^{n-2m}(r) \left\{ \frac{\sin}{\cos} \right\} (n-2m)\theta$$

$n-2m > 0$ のとき \sin

$n-2m \leq 0$ のとき \cos

【0153】・・・第4式

【0154】「数5」

$$R_n^{2m}(r) = \sum_{s=0}^n (-1)^s \frac{(n-S)!}{S!(m-S)!(n-m-S)!} r^{n-2s}$$

【0155】・・・第5式

【0156】そして、下記の第6式の自乗誤差を最小にすることにより、未知量の C_{ij} を求めることができる。

【0157】「数6」

*X、Yとし、第1受光部510の座標をx、yとすれば、

【0143】一般に第3式で表される波面 $W(X, Y)$ は、下記の第1式と第2式の関係で結び付けられる。

【0144】「数1」

$$\frac{\partial W(X, Y)}{\partial X} = \frac{\Delta x}{f}$$

【0145】・・・第1式

【0146】「数2」

$$\frac{\partial W(X, Y)}{\partial Y} = \frac{\Delta y}{f}$$

【0147】・・・第2式

【0148】「数3」

$$W(X, Y) = \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^i c_{ij} Z_{ij}(X, Y)$$

【0149】・・・第3式

【0150】そこで、第3式の両辺を、交換部材400上の座標X、Yでそれぞれ微分し、第1式と第2式の左辺に代入すると、 C_{ij} の多項式を得ることができ、

【0151】なお、第3式の Z_{ij} は、ゼルニケの多項式と呼ばれるものであり、下記の第4式と第5式で表されるものである。

【0152】「数4」

$$Z_{ij} = \sum_{k=0}^{i+j} \left[\left\{ \frac{\partial^k W(X, Y)}{\partial X^k \partial Y^{i+j-k}} \right\} \cdot \left\{ \frac{\partial^k W(X, Y)}{\partial X^k \partial Y^{i+j-k}} \right\} \right]$$

【0158】・・・第6式

【0159】以上の様に求められた C_{ij} を利用することにより、眼の光学的に重要なパラメータとして利用することができる。

【0160】ここで、ゼルニケの多項式の意味を示す。

【0161】 Z_{10} 、 Z_{11} プリズム

Z_{20} S値

50 Z_{22} 、 Z_{24} C、 A_x 値

- 2₃₀、2₃₁ 矢状収差
 2₃₁、2₃₂ 3次コマ収差
 2₃₂ 3次球面収差
 2₃₁、2₃₄ 3次非点収差
 2₃₂、2₃₃ 5次コマ収差
 2₃₃ 5次球面収差
 2₃₄ 7次球面収差

【0162】

【効果】以上の様に構成された本発明は、第1波長の光を発するための第1の光源部と、該第1の光源部からの光束で被検眼網膜上で微小な領域を、その照明条件を変化可能に照明するための第1照明光学系と、被検眼網膜から反射して戻ってくる光束の一部を、該反射光束を少なくとも17本のビームに変換するための第1変換部材を介して第1受光部に導くための第1受光光学系と、被検眼網膜から反射して戻ってくる第2光束を少なくとも4本のビームに変換するための第2変換部材を介して第2受光部に導くための第2受光光学系と、光束の傾き角に対応する第1受光部からの第1信号に基づき、被検眼の光学特性を求めるための演算部と、前記第2受光部からの第2信号のレベルに応じて、前記第1照明光学系及び前記第1受光光学系の結像状態を変化させるための結像状態変化部とから構成されているので、照明条件、受光条件が最適化され、眼の光学特性を高精度に、かつ高速に測定することができるという卓越した効果がある。

【0163】

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施例の眼特性測定装置4000の構成を示す図である。

【図2】第1実施例の眼特性測定装置4000の電気的構成を示す図である。

【図3】第1実施例の動作を説明する図である。

【図4】測定準備Aを説明する図である。

【図5】測定準備(B-3)を説明する図である。

10 40000 第1実施例の光学特性測定装置

50000 第2実施例の光学特性測定装置

1000 被検眼

100 第1の光源部

110 第2の光源部

200A 第1照明光学系

200B 第2照明光学系

210 第1の集光レンズ

220 第1のシリンダーレンズ

230 第3の集光レンズ

20 300A 第1受光光学系

300B 第2受光光学系

300C 第3受光光学系

310 第1のアフォーカルレンズ

320 第2のシリンダーレンズ

330 第1のビームスプリッタ

340 第2のビームスプリッタ

400 第1変換部材

410 第2変換部材

510 第1受光部

30 520 第2受光部

530 第3受光部

540 第4受光部

600 演算部

700 表示部

*

*【図6】原理を説明する図である。

【図7】原理を説明する図である。

【図8】第2実施例の眼特性測定装置50000の電気的構成を示す図である。

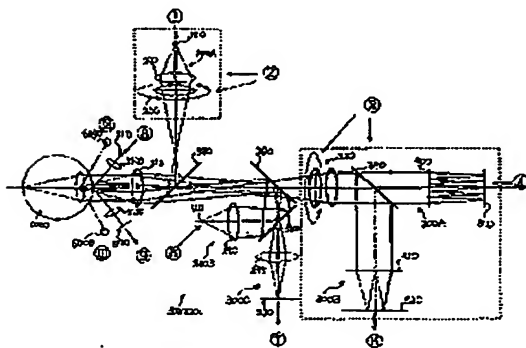
【図9】第2実施例の眼特性測定装置50000の電気的構成を示す図である。

【図10】第2実施例の動作を説明する図である。

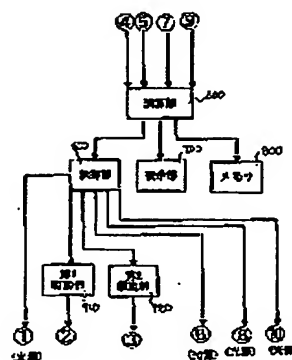
【図11】光学特性の演算方法を説明する図である。

【符号の説明】

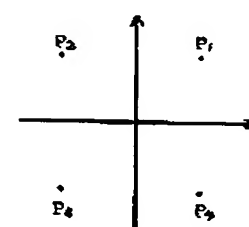
【図1】



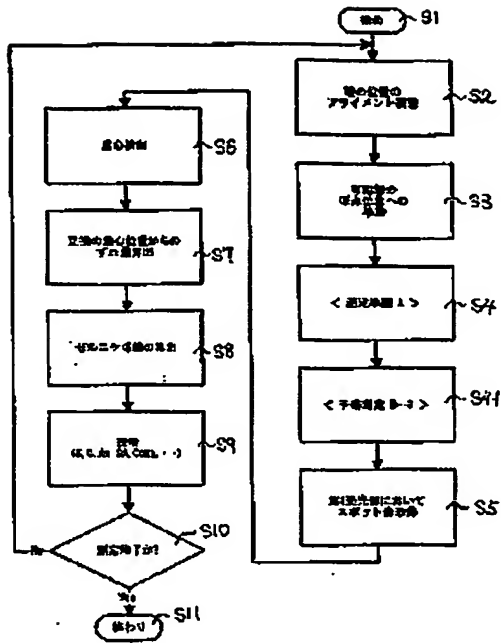
【図2】



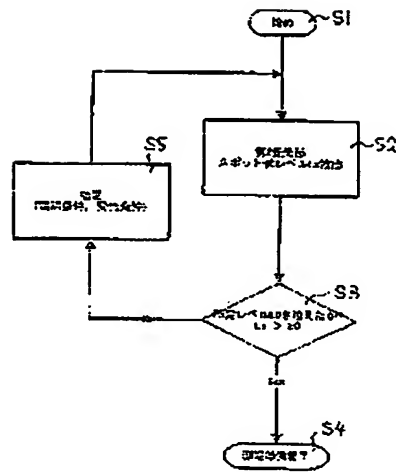
【図7】



【図3】

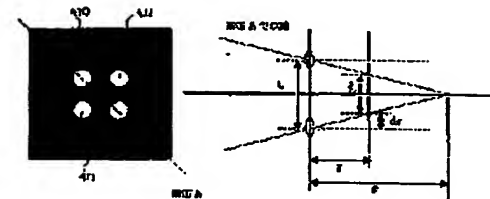
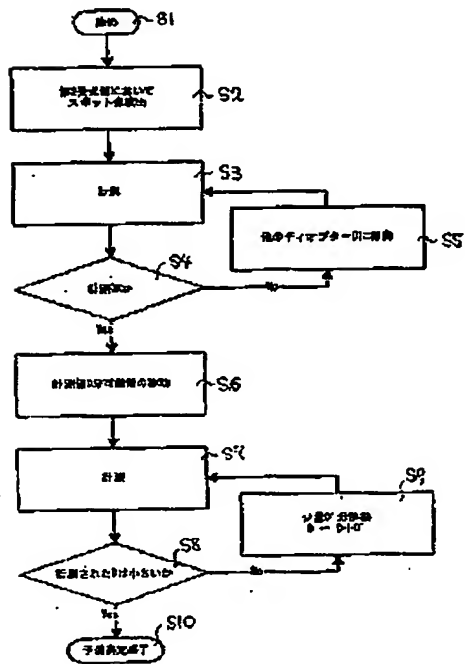


【図4】

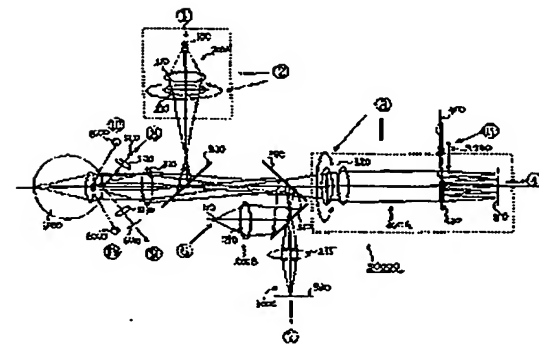


【図6】

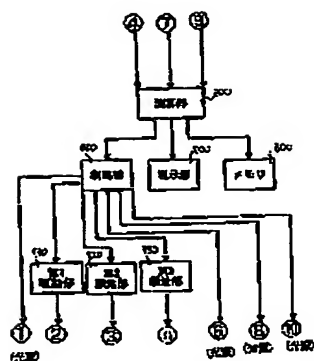
【図5】



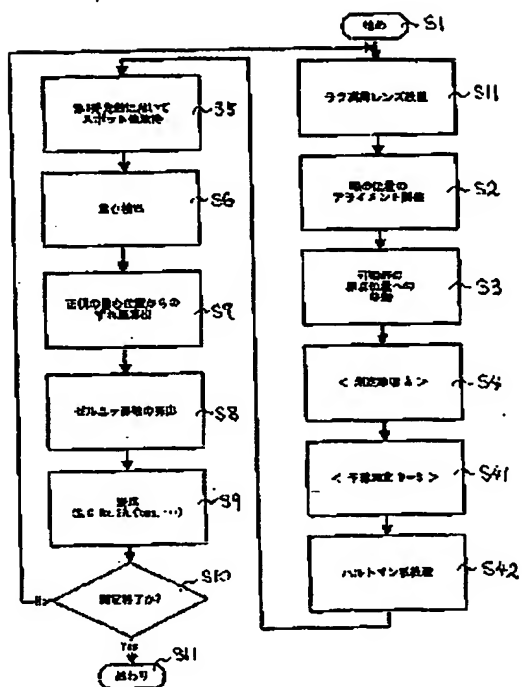
【図8】



【図9】



【図10】



【図11】

